PART2 ウィーンの変位則

目標　天体の表面温度と放射する電磁波の波長との関係について説明できる。

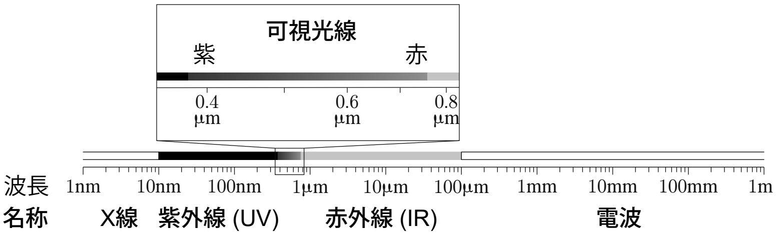
Chapter1　ウィーンの変位則

天体の表面温度が変化すると，放射する電磁波のエネルギーだけでなく波長も変化します。ここでは，天体の表面温度と放射する電磁波の波長との関係について学びましょう。

スペクトル

・電磁波の波長と色

電磁波は波長によって分類されている。おおむね人間の目によって見える波長帯の光を可視光線といい，赤色光の波長とくらべて青色光の波長の方が（長い / 短い）。



覚えておこう

電磁波の波長の単位としては，
1mm = 10^{-3}m
1 μm = 10^{-6}m
1 nm = 10^{-9}m
がよく使われます。単位変換ができるように，しっかりと覚えておきましょう。

・分光

物体の放射する電磁波は，さまざまな波長の電磁波が混ざり合ったものである。このような電磁波を波長ごとに分けることを**分光**という。

知っておこう

プリズムは，屈折率が波長によって異なることを用いて分光を行うことのできる器具です。

・スペクトル

電磁波を波長ごとに分けたものを**スペクトル**という。太陽光のスペクトルは，虹のような光の帯として観察される。

また，波長と放射エネルギーの強さの関係を表すグラフもスペクトルと呼ばれることがある。

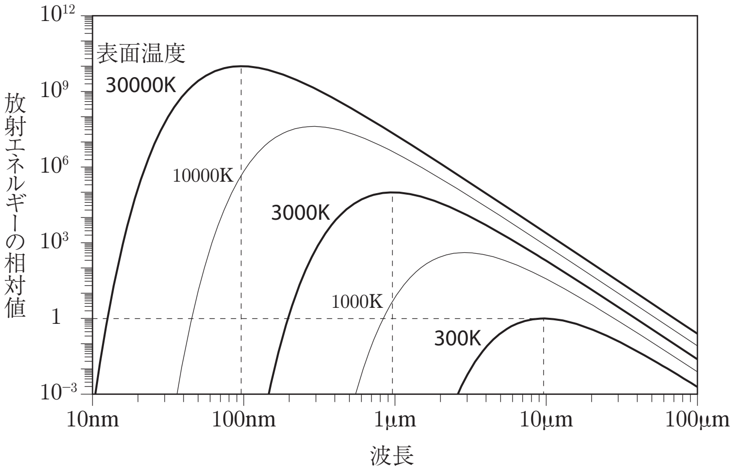
ウィーンの変位則

・放射エネルギーが最大となる波長

表面の絶対温度が T である黒体について，放射エネルギーが最も大きくなる波長を λ（ラムダ）とする。このとき，λ は（T / T の 4 乗）に（比例 / 反比例）して，

$$\lambda T = b$$

と表せる（ただし，b は定数で，$b = 2.9 \times 10^{-3}$m・K)。これを**ウィーンの変位則**という。



知っておこう

1893 年，ドイツのウィーン（Wilhelm Wien）は，現在ウィーンの変位則と呼ばれている法則を示しました。

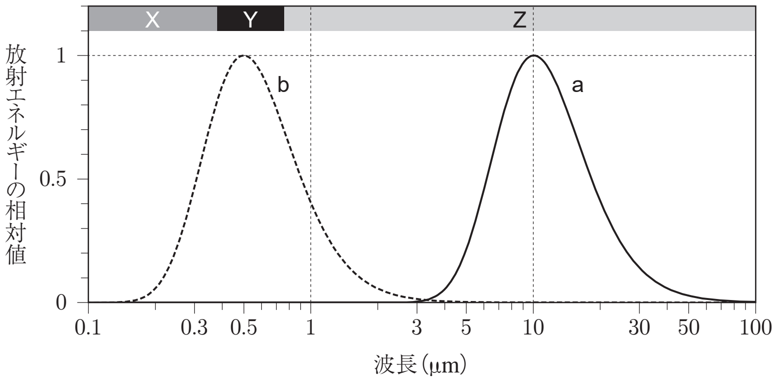
その後ウィーンは左に示されているようなスペクトルを表す近似式も導きましたが，一部の波長では不正確でした。ドイツのプランク（Max Planck）が 1900 年に発表したプランクの法則は，このずれを解消するとともに量子論という新しい物理学の考え方のきっかけとなりました。

まとめ

- 電磁波を波長ごとに分けることを＿＿＿といい，それによって得られるものを＿＿＿＿＿という。
- 黒体から放射されるエネルギーが最も大きくなる波長は表面の絶対温度に＿＿＿＿して，これを＿＿＿＿＿＿＿という。

Chapter2　演習問題

　次の図は，地球と太陽の放射のスペクトルを示したものです。この図を例にして，ウィーンの変位則について確認しましょう。ただし，図の縦軸は，それぞれのスペクトルについて，放射エネルギーの最大値を 1 としたときの値〔相対値〕を表しています。



問題(1)　図中の X，Y，Z には，それぞれ電磁波の名称が入ります。それぞれの名称を答えましょう。

問題(2)　図中の a，b は，それぞれ地球と太陽の放射のスペクトルのうちいずれかを表しています。地球の放射のスペクトルを表しているものはどちらか，記号で答えましょう。

ここがPOINT

地球と太陽の放射の大まかな波長については地学基礎でも学んでおり，重要な知識です。
　ただし，ここでは温度の異なる 2 つの天体からの放射のスペクトルを比較するので，ウィーンの変位則をもとに考えて答えることもできますね。

問題(3) 太陽の表面温度について述べた次の文章中の（　　）について，正しいものを選びましょう。また，空欄［ **ア** ］～［ **エ** ］に入る数値をそれぞれ上から1桁の概数で答えましょう。

地球の表面温度は平均すると約15℃であり，これを絶対温度で表すと約［ **ア** ］Kである。

ここで，それぞれのスペクトルについて，放射されるエネルギーが最も大きくなる波長をλとする。図中の**a**のλは約［ **イ** ］μm，**b**のλは約［ **ウ** ］μmと読み取れる。ウィーンの変位則によると表面の絶対温度は（λ / λ^4 / $\sqrt[4]{\lambda}$）に（比例 / 反比例）するので，太陽の表面温度は約［ **エ** ］Kと推定される。

第12講 PART2 確認問題

問1 ${}_{\text{a}}$電磁波は波長によって分類されている。物体が放射する電磁波は，さまざまな波長の電磁波が混ざり合っており，これを波長ごとに分けることを（ ア ）という。また，電磁波を波長ごとに分けたものを（ イ ）という。

(1) 下線部aについて，人間の目で見える波長帯の光を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 紫外線 ② 赤外線 ③ 電波 ④ 可視光線

(2) 空欄ア，イに入る語句の組合せとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① ア：分光 イ：スペクトル

② ア：分光 イ：プリズム

③ ア：屈折 イ：スペクトル

④ ア：屈折 イ：プリズム

問2 黒体表面の絶対温度 T〔K〕と，放射エネルギーが最大となる波長 λ〔m〕の間には（ ウ ）という関係式が成り立つ。これをウィーンの変位則という。

(1) 空欄ウに入る式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，b は定数とする。

① $\lambda T=b$

② $\lambda T^4=b$

③ $\lambda=bT$

④ $\lambda=bT^4$

(2) ウィーンの変位則によると，表面温度が高いほど，放射エネルギーが最大となる波長はどうなるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 長くなる。

② 短くなる。

③ 長くなることも短くなることもある。

④ 表面温度によらず一定である。

第 12 講　地球表層の熱収支

PART1　シュテファン・ボルツマンの法則

問題(1)　垂直，$4\pi r^2$，垂直

問題(2)　ア：$4\pi S_0 r^2$

問題(3)　イ：σT^4　ウ：$4\pi R^2$　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(4)　オ：$\sqrt[4]{\dfrac{S_0 r^2}{\sigma R^2}}$，6000K

PART2　ウィーンの変位則

問題(1)　X：紫外線　Y：可視光線　Z：赤外線

問題(2)　a

問題(3)　ア：288　イ：10　ウ：0.5　エ：6000

　　　　λ，反比例

PART3　地球の全球熱収支と温室効果

問題(1)　アルベド

問題(2)　赤外線，９割，赤外線

問題(3)　周囲からエネルギーを受け取る，周囲にエネルギーを放出する

問題(4)　x：50　y：60　z：100

PART4　地球の放射平衡温度

問題(1)　ア：$\pi S_0 R^2$　イ：$\pi S_0 (1-A) R^2$

問題(2)　ウ：σT^4　エ：$4\pi\sigma R^2 T^4$

問題(3)　$\sqrt[4]{\dfrac{S_0(1-A)}{4\sigma}}$

問題(4)　255K，−18℃

第 12 講　PART2　確認問題　解答

問 1

(1)　④

解説：

人間の目で見える波長帯の電磁波を可視光線という。

(2)　①

解説：

さまざまな波長の電磁波が混ざり合ったものを波長ごとに分けることを分光といい，分けたものをスペクトルという。

問 2

(1)　①

解説：

黒体表面の絶対温度と，放射エネルギーが最大となる波長は互いに反比例の関係にある。

(2)　②

解説：

黒体表面の絶対温度 T と，放射エネルギーが最大となる波長 λ は互いに反比例の関係にあるので，絶対温度 T が高いほど，波長 λ は短くなる。